

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Možnosti snížení nákladů na vytápění rodinného domu

Possibilities of Energy Cost for Family House Heating

Student:

Miroslav Kacíř

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Radim Janalík, Csc.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslav Kacíř**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Možnosti snížení nákladů na vytápění rodinného domu**
Possibilities of Energy Cost for Family House Heating
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- Teorii výpočtu tepelné ztráty rodinného domu a praktický výpočet tepelné ztráty
- Rozbor jednotlivých tepelných ztrát s ohledem na jejich optimalizaci
- Návrh možností snížení tepelné ztráty a nákladů na vytápění
- Porovnání původního stavu s navrženým řešením
- Energetické a ekonomické porovnání možných tepelných úspor

Seznam doporučené odborné literatury:

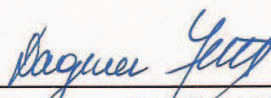
- [1] Novák, J.: Úspory energie v rodinných domech a bytech. Grada Publishing, Praha 1999
- [2] Mrázek, K.: Moderní vytápění bytů a rodinných domů. Praha: SNTL, 1986
- [3] Řehák, J., Janouš, A.: Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování. Praha, 1985
- [4] Cihelka, J.: Vytápění, větrání, klimatizace
- [5] Humm, O.: Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999
- [6] Nožička J.: Termomechanika. ČVUT Praha, 2001
- [7] ČSN 06 0210: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, 1994
- [8] ČSN 73 5040: Tepelná ochrana budov. Část 1 – 4, 1994


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2.5.2016

..... Kacíř
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домии, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домии, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2.5.2016

Kacíř

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Miroslav Kacíř

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Janovice 451

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KACÍŘ, M. Možnosti snížení nákladů na vytápění rodinného domu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2016, 35 s. Vedoucí práce: Ing. Janalík, R. Csc.

Bakalářská práce se zabývá tepelnými ztrátami a jejich eliminováním. Cílem práce je zmenšit tepelné úniky a tím ušetřit náklady na vytápění rodinného domu. V úvodu je uvedena teorie tepelných ztrát a rozdělení izolačních materiálů dle vlastností. Poté jsou vypočteny tepelné ztráty rodinného domu. Na základě jejich srovnání je navržen vhodný systém zateplení jedné z obvodových zdí. Posledním krokem je přepočet tepelných úniků a stanovení návratnosti investičních nákladů vložených do zateplení.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KACÍŘ, M. Possibilities of Energy Cost for Family House Heating: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2016, 35 p. Thesis head: Ing. Janalík, R. Csc.

Bachelor thesis is dealing with heat loss and their elimination. The subject of this thesis is a reduction of heat loss and saving of energy cost for family house heating. The introduction compares insulation materials according to their properties. Then heat loss of family house is calculated. On the basis of comparison the suitable insulation system of one of the peripheral walls is further designed. Economic evaluation and return of investment are assessed in the end of this thesis.

Obsah bakalářského projektu

Seznam použitých značek a symbolů	7
1. Úvod	8
2. Teorie výpočtu tepelných ztrát	9
3. Tepelně izolační materiály	11
3.1. Důvody tepelné izolace	11
3.2. Rozdělení materiálů pro tepelnou izolaci	12
3.3. Pěnově izolační materiály	12
3.4. Minerální izolační materiály	14
3.5. Alternativní izolační materiály	15
4. Tepelné ztráty rodinného domu za současného stavu	17
4.1. Popis rodinného domu	17
4.2. Výpočet součinitelů prostupu tepla vícevrstevnými konstrukcemi	17
4.3. Výpočet tepelných ztrát rodinného domu	20
4.4. Celková tepelná ztráta – jednotlivé místnosti	25
4.5. Celková tepelná ztráta – jednotlivé konstrukce	26
4.6. Výběr vhodné izolace pro rodinný dům	27
5. Tepelné ztráty rodinného domu po zateplení	27
5.1. Postup při fasádním zateplení pěnovým polystyrenem	27
5.2. Přepočet tepelných ztrát po zateplení	28
5.3. Celková tepelná ztráta rodinného domu	29
6. Ekonomické zhodnocení a návratnost investic	30
7. Srovnání zateplení severní zdi a celkové fasády	31
8. Závěr	32
Seznam použité literatury	33
Seznam tabulek	35
Seznam obrázků	36
Seznam příloh	37

Seznam použitých značek a symbolů

B	Charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
CF	Roční úspora nákladů	[-]
OD	Dvojité okno	[-]
DO	Venkovní dveře	[-]
IN	Investiční výdaje	[-]
L	Délka spár otvíratelných oken a dveří	[m]
M	Charakteristické číslo místnosti	[-]
Pdl	Podlaha	[-]
S	Plocha stěny	[m ²]
SO	Venkovní stěna	[-]
Str	Strop	[-]
Q _c	Celková tepelná ztráta	[W]
Q _o	Tepelná ztráta bez přírážek	[W]
Q _p	Tepelná ztráta s přírážkami	[W]
Q _v	Tepelná ztráta větráním	[W]
T _s	Doba návratnosti	[-]
i _{lv}	Součinitel spárové provzdušnosti	[m ³ .s ⁻¹ / m.Pa ^{0,67}]
k	Součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
k _c	Průměrný součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
l	Délka	[m]
p ₁	Přirážka na vliv chladných konstrukcí	[-]
p ₂	Přirážka na urychlení zátoku	[-]
p ₃	Přirážka na světovou stranu	[-]
t _i	Vnitřní teplota výpočtová	[°C]
t _e	Venkovní teplota výpočtová	[°C]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
α ₁	Součinitel přestupu tepla na straně teplejší	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
α ₂	Součinitel přestupu tepla na straně chladnější	[W.m ⁻² .K ⁻¹]

1. Úvod

Náklady na vytápění domu tvoří podstatnou část výdajů každé rodiny. Ceny energií se každým rokem zvyšují, a proto je velmi důležité tyto výdaje eliminovat. Zmenšením zbytečných nákladů na vytápění můžeme zlepšit nejen náš finanční rozpočet, ale také ekologickou situaci planety.

V této bakalářské práci se budu zabývat tepelnými ztrátami rodinného domu a materiály vhodnými k zateplení. Po spočítání celkových tepelných ztrát za současného stavu navrhnou jejich optimalizaci. Následně srovnám energetické a finanční úspory v návaznosti na vrácení investice vložené do zateplení domku.

Cílem mé bakalářské práce je především snížit tepelné úniky rodinného domku a tím ušetřit náklady na jeho vytápění.

2. Teorie výpočtu tepelných ztrát

Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta Q_C dána součtem tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním. Lze vypočíst ze vztahu

$$Q_C = Q_P + Q_V \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde: Q_P ... tepelná ztráta prostupem tepla $[\text{W}]$

Q_V ... tepelná ztráta větráním $[\text{W}]$

Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelnou ztrátu dané místnosti lze vypočíst ze vztahu

$$Q_P = Q_O \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde: Q_O ... tepelná ztráta bez přírážek $[\text{W}]$

p_1 ... přírážka na vliv chladných konstrukcí $[-]$

p_2 ... přírážka na urychlení zátoku $[-]$

p_3 ... přírážka na světovou stanu $[-]$

Základní tepelná ztráta Q_O se vypočítá součtem tepelných toků prostupem tepla danými konstrukcemi, které ohraničují vytápěnou místnost. Je dána vztahem:

$$Q_O = k \cdot S \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde: k ... součinitel prostupu tepla $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

S ... plocha stěny $[\text{m}^2]$

t_i ... vnitřní teplota výpočtová $[^\circ \text{C}]$

t_e ... venkovní teplota výpočtová $[^\circ \text{C}]$

Součinitel prostupu tepla výrazně ovlivňuje prostup tepla danou konstrukcí. Závisí především na typu materiálu a tloušťce stěny. Jedná-li se o prostup tepla vícevrstvou stěnou, součinitel prostupu tepla k lze vypočítat ze vztahu

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4)$$

kde: α_1 ... součinitel přestupu tepla na straně teplejší ($\alpha_1=8$) [W.m⁻².K⁻¹]
 α_2 ... součinitel přestupu tepla na straně chladnější ($\alpha_2=23$) [W.m⁻².K⁻¹]
 λ ... součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]
 S ... plocha stěny [m²]

Přirážky

Přirážka p_1 na vyrovnání vlivu chladných místností závisí na součiniteli prostupu tepla k_C , který můžeme vypočítat ze vztahu

$$p_1 = 0,15 \cdot k_C \quad (5)$$

$$k_C = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad (6)$$

kde: Q_o ... tepelná ztráta bez přirážek [W]
 S ... plocha stěny [m²]
 t_i ... vnitřní teplota výpočtová [°C]
 t_e ... venkovní teplota výpočtová [°C]

Přirážka p_2 na urychlení zátoku činí při denním vytápění kratším než 16 hodin 0,1

Přirážka p_3 na světovou stranu závisí na poloze nejvíce ochlazované konstrukci dané místnosti. Hodnoty přirážky p_3 jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Tabulka č. 2.1: Hodnoty přirážky p_3

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tepelná ztráta větráním

Tepelnou ztrátu místnosti větráním lze stanovit ze vztahu

$$Q_V = 1300 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (7)$$

- kde
- B ... charakteristické číslo budovy [Pa^{0,67}]
 - L ... délka spár otvíratelných oken a dveří [m]
 - M ... charakteristické číslo místnosti [-]
 - i_{LV} ... součinitel spárové provzdušnosti [m³.s⁻¹ / m.Pa^{0,67}]
 - t_i ... vnitřní teplota výpočtová [°C]
 - t_e ... venkovní teplota výpočtová [°C]

Teorie výpočtu tepelných ztrát byla použita dle literatury [1, 2, 6, 7].

3. Tepelně izolační materiály

3.1. Důvody tepelné izolace

Hlavní důvody pro zvyšování odporu stěn proti prostupu tepla pomocí izolačních materiálů jsou následující:

- Ekonomické – zvýšení hospodárnosti, snížení nákladů na vytápění
- Technologické – zajištění vhodných podmínek pro určitý výrobní postup
- Hygienické – zajištění zdravotně bezpečného prostředí pro práci
- Bezpečnostní – zvýšení bezpečnosti na pracovišti, především snížení teploty povrchu stěn na hodnotu, která vylučuje vznik požáru či zranění lidí [9]

Díky správně provedenému zateplení dosáhneme mimo jiné:

- Zvýšení tepelné izolace
- Eliminace tepelných mostů
- Omezení vzniku plísní
- Snížení rizika kondenzace
- Zvýšení teploty povrchu vnitřních stěn
- Zateplená konstrukce lépe odolává vlivům povětrnosti
- Omezení vlivu teplotních změn má pozitivní dopad na statiku domu [8]

3.2. Rozdělení materiálů pro tepelnou izolaci

Při výběru tepelně izolačního materiálu požadujeme především co nejmenší tepelnou vodivost. Nejdůležitější vlastností je tedy součinitel tepelné vodivosti λ . Čím je tento součinitel menší, tím vyšší je účinnost tepelné izolace. Nejlépe izolují lehké pórovité hmoty, protože vzduch se vyznačuje malou vodivostí a v malých dutinách nemůže proudit.

Vhodný materiál je nutné volit s ohledem na jeho pevnost, trvanlivost, navlhavost, ale také snadnost montáže, cenu nebo dostupnost. [9, 10]

Izolační materiály lze rozdělit do 3 skupin:

- Pěnové izolační materiály
- Minerální izolační materiály
- Alternativní izolační materiály

Tabulka č. 3.1: Součinitele tepelné vodivosti jednotlivých materiálů

	Druh materiálu	Součinitel tepelné vodivosti λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Pěnové izolační materiály	Pěnový polyuretan	0,024 – 0,032
	Extrudovaný polystyren	0,030 – 0,035
	Pěnový polystyren	0,036 – 0,043
	Pěnové sklo	0,040 – 0,048
Minerální izolační materiály	Minerální a skelná vlna	0,032 – 0,05
Alternativní izolační materiály	Dřevovláknité izolace	0,038 – 0,05
	Sláma	0,052 – 0,08
	Ovčí vlna	0,04
	Konopí	0,035 – 0,05

Součinitele tepelné vodivosti a rozdělení materiálů dle literatury [11, 12].

3.3. Pěnové izolační materiály

Pěnové materiály pro tepelnou izolaci se vyznačují zvláštní strukturou – vzduch je v nich uzavřen v malých komorách, ve kterých dochází jen k minimálnímu přenosu tepla prostřednictvím přenosu vzduchu. Mají velmi nízký součinitel tepelné vodivosti, a proto patří mezi nejoblíbenější zateplovací materiály. [10, 11, 12]

Pěnový polyuretan

Tento izolační materiál je vyráběn z ropy. Může se vyskytovat v měkké formě (molitan) nebo tvrdé (polyuretanová pěna). Pěnový polyuretan má otevřenou buněčnou strukturu a jeho nejrozšířenější použití je při montáži a utěsňování okenních rámců. Mezi hlavní výhody patří vysoká pevnost, široká možnost použití a odolnost proti rozpouštědlům. Naopak se jedná o neekologický materiál s citlivostí na UV záření a vyšší cenou.



Obrázek č. 3.1: Pěnový polyuretan (molitan) [17]

Pěnové sklo

Jedná se o jeden z novějších izolačních materiálů. Vyznačuje se parotěsností, nenasákavostí, nehořlavostí, ale také tlakovou únosností, díky čemuž je vhodný pro izolaci základů či plochých střech. Další kladnou vlastností je jeho ekologický původ, jelikož se vyrábí z recyklovaného skla, které se napěňuje oxidem uhličitým. Pěnové sklo má také velmi dlouhou životnost. Nevýhodou může být vyšší cena a menší pružnost.

Extrudovaný polystyren

Tento typ polystyrenu má mnoho výhod oproti známějšímu pěnovému polystyrenu, především má uzavřené póry, tudíž je nenasákavý, nemá tendenci se smršťovat a jeho součinitel tepelné vodivosti je velmi malý. Také má lepší mechanické vlastnosti než běžný polystyren. Je vhodný pro tepelnou izolaci střech, podlah nebo stěn. Nevýhodou je citlivost na vyšší teploty ($+75^{\circ}\text{C}$) a organická rozpouštědla.

Pěnový polystyren

Pěnový polystyren, zejména díky své ceně, je jeden z nejoblíbenějších izolačních materiálů. Lze ho poznat tak, že se při rozlomení drolí na drobné kuličky. Jedná se o snadně opracovatelný materiál s nízkou hmotností. Při použití je nutno ale počítat s řadou nevýhod. Materiál je lehce rozpustný organickými rozpouštědly, hořlavý a tedy se nedoporučuje pro teploty přesahující 70°C. Je citlivý na vlhkost a má malou odolnost v tlaku. Pěnový polystyren je vhodný pro izolaci podlah, stěn či dvouplášťových střech. Není vhodné ho umisťovat pod jednoplášťové střechy těsně pod hydroizolaci.



Obrázek č. 3.2: Pěnový polystyren [16]

Informace jsem čerpal z literatury [10, 11, 12, 15].

3.4. Minerální izolační materiály

Minerální a skelná vlna

Jedná se o velmi podobné materiály. Při výrobě skelné vaty je obvykle prvotní surovinou křemičitý písek, zatímco minerální vlna je vyráběna z čediče. Výhodou je odolnost vůči vysokým teplotám a malá tepelná roztažnost, která snižuje riziko vzniku trhlin při teplotních změnách. Lze mluvit o výborných tepelných izolantech, jelikož snáší i velmi vysoké teploty (dle druhu pojiva až +700°C). Jsou dobře tvarovatelné a nehořlavé. Výrobky z minerální a skelné vlny se používají pro izolaci střech, stěn či rozvodů potrubí v topných kanálech. Není vhodný pro izolaci podlah z důvodu ulétávání částic do ovzduší. Nevýhodou těchto izolací je především vysoká navlhavost a nízká pevnost v tlaku. Rovněž při práci se skelnou vatou nesmíme zapomenout na ochranné pomůcky, jelikož ostrá a tenká vlákna snadno pronikají do kůže. [11, 12, 18]



Obrázek č. 3.3: Skelná vlna [18]

3.5. Alternativní izolační materiály

Dřevovláknité izolace

Dřevovláknité desky mají dobré izolační i zvukové schopnosti, navíc se jedná o velmi ekologický materiál. Pro výrobu se používají jemné vlákna z měkkého dřeva obohacena např. o smůlu. Tento materiál se vyznačuje schopností propouštět vodní páru, a proto je velmi vhodný pro dřevostavby. Jako největší nevýhoda se opět jeví vysoká cena materiálu. [11, 14]



Obrázek č. 3.4: Dřevovláknité izolace [14]

Sláma

Sláma je velmi starý tepelně izolační materiál prověřený již několika staletími. Součinitel prostupu tepla není stálý, jelikož je ovlivněn prouděním vzduchu v balíku. Z důvodu menšího proudění se do balíků přidávají pruhy papíru, které proudění přeruší. Pozitivem je také příznivá cena. Na druhou stranu při izolaci slámou musíme počítat s náročnější aplikací, také součinitel tepelné vodivosti je oproti ostatním materiálům lehce vyšší. [11]

Konopí

Jde o jeden z netradičních izolačních materiálů. Vyznačuje se výbornými akumulačními vlastnostmi, takže lépe chrání před teplem v létě a chladem v zimě. Tento materiál je odolný proti škůdcům, prodyšný a nenáchylný na plísně. Rovněž je vhodný pro izolaci domů, kde bydlí lidé s dýchacími problémy. Používá se pro zateplení střech, podlah i obvodových zdí. [13]



Obrázek č. 3.5: Konopná izolace [13]

Ovčí vlna

Jedná se o ekologický a zdravotně neškodný tepelně izolační materiál. Vhodný pro různě tvarované místa, protože ovčí vlna se díky své pružnosti snadno přizpůsobuje. Jako izolace se dá použít prakticky v celé stavbě, ať už se jedná o izolování podlahy, stropu nebo střechy. Zajímavou vlastností tohoto materiálu je schopnost vázat vlhkost a dokáže tak uchovat optimální úroveň vlhkost. Před použitím musí být ošetřena látkami zajišťující odolnost proti plísním, hmyzu a požáru. Rizikem špatně zpracované vlny může být nepříjemný zápach. [11, 19]



Obrázek č. 3.6: Ovčí vlna [19]

4. Tepelné ztráty rodinného domu za současného stavu

4.1. Popis rodinného domu

Rodinný dům se nachází v obci Janovice, okresu Frýdek-Místek. Domek leží v krajině bez intenzivních větrů, avšak jako osaměle stojící budova. Výpočtová venkovní teplota je -15°C .

Jedná se o zděný rodinný dům, postavený z pálených cihel o tloušťce venkovního zdiva 45cm. Dům se skládá ze dvou podlaží, je kompletně podsklepen a nad prvním patrem je nevytápěná půda.

V přízemí se nachází obývací pokoj, ložnice, kuchyň, spíž a koupelna. V druhém patře lze nalézt dva dětské pokoje, šatnu, koupelnu a komoru. Část stropu prvního patra a část podlahy v přízemí byly již v minulosti zatepleny polystyrenovou izolací.



Obrázek č. 4.1: Rodinný dům

4.2. Výpočet součinitelů prostupu tepla vícevrstevnými konstrukcemi

1. Podlaha

a) Podlaha (kuchyň)

Plovoucí podlaha	$l = 0,015 \text{ m}$	$\lambda = 0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Pěnový polyethylenový mirelon	$l = 0,02 \text{ m}$	$\lambda = 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Železobeton	$l = 0,04 \text{ m}$	$\lambda = 1,58 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Polystyren	$l = 0,15 \text{ m}$	$\lambda = 0,039 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Betonová zálivka	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 1,23 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Pálená cihla	$l = 0,075 \text{ m}$	$\lambda = 0,8 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Vápenno-cementová omítka	$l = 0,02 \text{ m}$	$\lambda = 0,99 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,04} + \frac{0,02}{0,038} + \frac{0,04}{1,58} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,03}{1,23} + \frac{0,075}{0,8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{1}{23}} = 0,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$		

b) Podlaha (obývací pokoj, ložnice)

Dřevěné parkety	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 0,22 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Lepenka	$l = 0,005 \text{ m}$	$\lambda = 0,064 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Škvarobeton	$l = 0,04 \text{ m}$	$\lambda = 0,82 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Škvára	$l = 0,15 \text{ m}$	$\lambda = 0,27 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Betonová zálivka	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 1,23 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Pálená cihla	$l = 0,075 \text{ m}$	$\lambda = 0,8 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Vápenno-cementová omítka	$l = 0,02 \text{ m}$	$\lambda = 0,99 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,003}{0,22} + \frac{0,005}{0,064} + \frac{0,04}{0,82} + \frac{0,15}{0,27} + \frac{0,03}{1,23} + \frac{0,075}{0,8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{1}{23}} = 0,55 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$		

c) Podlaha (spíž, koupelna)

Dlažba	$l = 0,01 \text{ m}$	$\lambda = 1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Železobeton	$l = 0,065 \text{ m}$	$\lambda = 1,58 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Polystyren	$l = 0,15 \text{ m}$	$\lambda = 0,039 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Betonová zálivka	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 1,23 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Pálená cihla	$l = 0,075 \text{ m}$	$\lambda = 0,8 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Vápenno-cementová omítka	$l = 0,02 \text{ m}$	$\lambda = 0,99 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{1} + \frac{0,065}{1,58} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,03}{1,23} + \frac{0,075}{0,8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{1}{23}} = 0,24 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$		

d) Podlaha (chodba se schodištěm)

Železobeton	$l = 0,225 \text{ m}$	$\lambda = 1,58 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Betonová zálivka	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 1,23 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Pálená cihla	$l = 0,075 \text{ m}$	$\lambda = 0,8 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Vápenno-cementová omítka	$l = 0,02 \text{ m}$	$\lambda = 0,99 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,225}{1,58} + \frac{0,03}{1,23} + \frac{0,075}{0,8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{1}{23}} = 2,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

2. Obvodové zdi

Brizolit	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 0,83 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Pálená voštinová cihla	$l = 0,3 \text{ m}$	$\lambda = 0,73 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Zdivo z plných pálených cihel	$l = 0,15 \text{ m}$	$\lambda = 0,86 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Vnitřní vápenná omítka	$l = 0,015 \text{ m}$	$\lambda = 0,88 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,03}{0,83} + \frac{0,3}{0,73} + \frac{0,15}{0,86} + \frac{0,015}{0,88} + \frac{1}{23}} = 1,24 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

3. Strop

a) Strop (zateplená část)

Desky z měkkého dřeva	$l = 0,017 \text{ m}$	$\lambda = 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Skelná vata	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Desky z měkkého dřeva	$l = 0,017 \text{ m}$	$\lambda = 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Vnitřní vápenná omítka	$l = 0,015 \text{ m}$	$\lambda = 0,88 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Polystyren	$l = 0,075 \text{ m}$	$\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Polyethylenová fólie	$l = 0,001 \text{ m}$	$\lambda = 0,33 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Dřevěný obklad	$l = 0,01 \text{ m}$	$\lambda = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,017}{0,12} + \frac{0,03}{0,04} + \frac{0,017}{0,12} + \frac{0,015}{0,88} + \frac{0,075}{0,039} + \frac{0,001}{0,33} + \frac{0,01}{0,22} + \frac{1}{23}} = 0,31 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

b) Strop (nezateplená část)

Desky z měkkého dřeva	$l = 0,017 \text{ m}$	$\lambda = 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Skelná vata	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Desky z měkkého dřeva	$l = 0,017 \text{ m}$	$\lambda = 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Vnitřní vápenná omítka	$l = 0,015 \text{ m}$	$\lambda = 0,88 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,017}{0,12} + \frac{0,03}{0,04} + \frac{0,017}{0,12} + \frac{0,015}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,82 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

4. Okna

Kastlíková dvojité okna, dřevěná, sklo jednoduché a dvojsklo

$$k = 1,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

5. Dveře

Plastové dveře s izolačním dvojsklem

$$k = 1,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Součinitelé tepelné vodivosti λ a součinitelé prostupu tepla k byly použity z literatury [2, 3, 4].

4.3. Výpočet tepelných ztrát rodinného domu

Tepelná ztráta je okamžitá hodnota tepelné energie (přesněji tepelný tok), která z domu uniká prostupem tepla a větráním.

Výpočty tepelných ztrát rodinného domu za současného stavu jsou uvedeny v tabulkách 4.1 – 4.4. Při výpočtech jsem vycházel z literatury [1, 2, 5, 6, 7].

Příklad postupu výpočtu jedné místnosti (kuchyň):

Tepelná ztráty jednotlivých konstrukcí dané místnosti bez přírážek:

$$Q_{O(SO)} = k \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 1,24 \cdot 8,22 \cdot (20 - (-15)) = 230 \text{ W}$$

$$Q_{O(OD)} = k \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 1,6 \cdot 2,93 \cdot (20 - (-15)) = 164 \text{ W}$$

$$Q_{O(Pdl)} = k \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 0,2 \cdot 12,25 \cdot (20 - 3) = 42 \text{ W}$$

$$Q_O = Q_{O(SO)} + Q_{O(OD)} + Q_{O(Pdl)} = 230 + 164 + 42 = 436 \text{ W}$$

Přirážky vlivu chladných konstrukcí p_1 :

$$k_C = \frac{Q_O}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{436}{62,3 \cdot 35} = 0,2$$

$$p_1 = 0,15 \cdot k_C = 0,15 \cdot 0,2 = 0,03$$

Tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí dané místnosti s přírážkami:

$$Q_{P(SO)} = Q_{O(SO)} \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 230 \cdot (1 + 0,03 + 0,1 + 0) = 260 \text{ W}$$

$$Q_{P(OD)} = Q_{O(OD)} \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 164 \cdot (1 + 0,03 + 0,1 + 0) = 185 \text{ W}$$

$$Q_{P(Pdl)} = Q_{O(Pdl)} \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 42 \cdot (1 + 0,03 + 0,1 + 0) = 47 \text{ W}$$

Tepelná ztráta větráním:

$$Q_V = 1300 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 9,9) \cdot 8 \cdot 0,7 \cdot 35 = 303 \text{ W}$$

Celková tepelná ztráta dané místnosti:

$$Q_C = Q_P + Q_V = 492 + 303 = 795 \text{ W}$$

Tabulka č. 4.1: Výpočet tepelných ztrát 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Označení stěny	Plochy stěny		Základní tepelná ztráta				Přirážky				Tepelná ztráta prostupem tepla
	Plocha	Počet otvorů	Plochy bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
	m ²	m ²	Wm ⁻² .K ⁻¹	K	W	p ₁	p ₂	p ₃	Q _p	W	
Obývací pokoj t _i = 20°C											
SO	10,6	1	7,67	1,24	35	336	0,06	0,1	0,05	1,21	407
SO	11,93	1	9	1,24	35	394	0,06	0,1	0,05	1,21	477
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,06	0,1	0,05	1,21	198
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,06	0,1	0,05	1,21	198
Pdl	18	—	18	0,55	17	168	0,06	0,1	0,05	1,21	203
											1483
Q _V = 1300 . ∑ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 19,8) . 8 . 0,7 . 35 = 606 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 1483 + 606 = 2089 W											
Kuchyň t _i = 20°C											
SO	8,22	1	5,29	1,24	35	230	0,03	0,1	0	1,13	260
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,03	0,1	0	1,13	185
Pdl	12,25	—	12,25	0,2	17	42	0,03	0,1	0	1,13	47
											492
Q _V = 1300 . ∑ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 9,9) . 8 . 0,7 . 35 = 303 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 492 + 303 = 795 W											
Koupelna v přízemí t _i = 24°C											
SO	6,63	1	5,61	1,24	39	271	0,04	0,1	0,1	1,24	336
OD	1,02	—	1,02	1,6	39	64	0,04	0,1	0,1	1,24	79
Pdl	5,94	—	5,94	0,24	21	30	0,04	0,1	0,1	1,24	37
											452
Q _V = 1300 . ∑ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 6,4) . 8 . 0,7 . 39 = 218 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 452 + 218 = 670 W											

Tabulka č. 4.2: Výpočet tepelných ztrát 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Označení stěny	Plochy stěny		Základní tepelná ztráta				Přirážky				Tepelná ztráta prostupem tepla
	Plocha	Počet otvorů	Plochy bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
				k							
			m ²	m ²	Wm ⁻² .K ⁻¹	Δt K					
Ložnice t _i = 20°C											
SO	11,66	1	8,73	1,24	35	379	0,06	0,1	0	1,16	440
SO	10,6	—	10,6	1,24	35	460	0,06	0,1	0	1,16	534
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,06	0,1	0	1,16	190
Pdl	17,6	—	17,6	0,55	17	165	0,06	0,1	0	1,16	191
											1355
Q _V = 1300 . Σ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 9,9) . 8 . 0,7 . 35 = 303 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 1355 + 303 = 1658 W											
Spíž t _i = 15°C											
SO	9,67	1	7,84	1,24	30	292	0,07	0,1	0,1	1,27	371
SO	2,39	—	2,39	1,24	30	89	0,07	0,1	0,1	1,27	113
OD	1,83	—	1,83	1,6	30	88	0,07	0,1	0,1	1,27	112
Pdl	3,56	—	3,56	0,24	12	11	0,07	0,1	0,1	1,27	14
											610
Q _V = 1300 . Σ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 3,4) . 8 . 0,7 . 30 = 89 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 610 + 89 = 699 W											
Koupelna v poschodí t _i = 24°C											
SO	3,1	1	2,08	1,24	39	101	0,04	0,1	0,1	1,24	125
OD	1,02	—	1,02	1,6	39	64	0,04	0,1	0,1	1,24	79
Str	5,94	—	5,94	0,82	30	146	0,04	0,1	0,1	1,24	181
											385
Q _V = 1300 . Σ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 3) . 8 . 0,7 . 39 = 102 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 385 + 102 = 487 W											

Tabulka č. 4.3: Výpočet tepelných ztrát 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Označení stěny	Plochy stěny		Základní tepelná ztráta				Přirážky				Tepelná ztráta prostupem tepla
	Plocha	Počet otvorů	Plochy bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
				k							
	m ²	m ²	Wm ⁻² .K ⁻¹	K	W	p ₁	p ₂	p ₃	Q _p	W	
Chodba se schodištěm t _i = 15°C											
SO	22,96	1	20,98	1,24	30	780	0,09	0,1	0,1	1,29	1006
SO	11,11	1	10,07	1,24	30	375	0,09	0,1	0,1	1,29	484
OD	1,04	—	1,04	1,6	30	50	0,09	0,1	0,1	1,29	65
DO	1,98	—	1,98	1,4	30	83	0,09	0,1	0,1	1,29	107
Pdl	9,02	—	9,02	2,23	12	241	0,09	0,1	0,1	1,29	311
Str	9,02	—	9,02	0,82	21	155	0,09	0,1	0,1	1,29	200
											2173
Q _V = 1300 . ∑ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 5) . 8 . 0,7 . 30 = 131 W											
Q _V = 1300 . ∑ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,9 . 10 ⁻⁴ . 5,78) . 8 . 0,7 . 30 = 240 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 2173 + 371 = 2544 W											
Dětský pokoj č.1 t _i = 20°C											
SO	11,25	1	8,32	1,24	35	361	0,06	0,1	0,05	1,21	437
SO	10	1	7,07	1,24	35	307	0,06	0,1	0,05	1,21	371
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,06	0,1	0,05	1,21	198
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,06	0,1	0,05	1,21	198
Str	18	—	18	0,31	26	145	0,06	0,1	0,05	1,21	175
											1379
Q _V = 1300 . ∑ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 19,8) . 8 . 0,7 . 35 = 606 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 1379 + 606 = 1985 W											

Tabulka č. 4.4: Výpočet tepelných ztrát 4

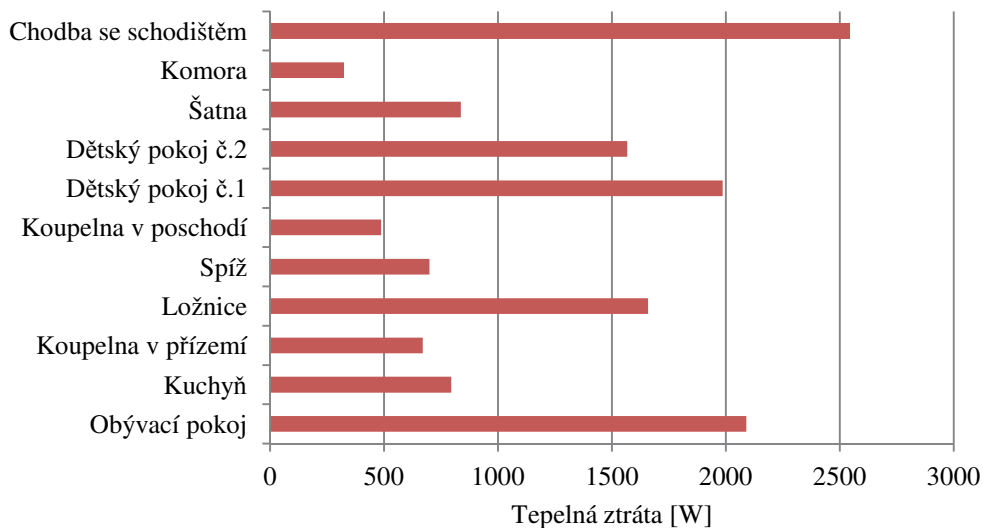
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Označení stěny	Plochy stěny		Základní tepelná ztráta				Přirážky				Tepelná ztráta prostupem tepla
	Plocha	Počet otvorů	Plochy bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
				k							
	m ²		m ²	Wm ⁻² .K ⁻¹	K	W	p ₁	p ₂	p ₃		Q _p
											W
Dětský pokoj č.2											
t _i = 20°C											
SO	11	1	8,07	1,24	35	350	0,06	0,1	0	1,16	406
SO	10	—	10	1,24	35	434	0,06	0,1	0	1,16	503
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,06	0,1	0	1,16	190
Str	17,6	—	17,6	0,31	26	142	0,06	0,1	0	1,16	165
											1264
Q _V = 1300 . Σ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 9,9) . 8 . 0,7 . 35 = 303 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 1264 + 303 = 1567 W											
Šatna											
t _i = 20°C											
SO	7,75	1	4,82	1,24	35	209	0,03	0,1	0	1,13	236
OD	2,93	—	2,93	1,6	35	164	0,03	0,1	0	1,13	185
Str	12,25	—	12,25	0,31	26	99	0,03	0,1	0	1,13	112
											533
Q _V = 1300 . Σ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 9,9) . 8 . 0,7 . 35 = 303 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 533 + 303 = 836 W											
Komora											
t _i = 15°C											
SO	4,1	1	3,9	1,24	30	145	0,05	0,1	0,1	1,25	181
OD	0,2	—	0,2	1,6	30	10	0,05	0,1	0,1	1,25	13
Str	3,6	—	3,6	0,82	21	62	0,05	0,1	0,1	1,25	78
											272
Q _V = 1300 . Σ (i _{LV} . L) . B . M . (t _i - t _e) = 1300 . (1,2 . 10 ⁻⁴ . 2) . 8 . 0,7 . 30 = 52 W											
Q _C = Q _p + Q _V = 272 + 52 = 324 W											

4.4. Celková tepelná ztráta – jednotlivé místnosti

Následující tabulka 4.5 zahrnuje jednotlivé místnosti s jejich tepelnou ztrátou, ty jsou také zobrazeny v grafickém rozložení na obrázku č. 4.1.

Tabulka č. 4.5: Celková tepelná ztráta jednotlivých místností

Celková tepelná ztráta	
Místnost	Tepelné ztráty [W]
Obývací pokoj	2089
Kuchyň	795
Koupelna v přízemí	670
Ložnice	1658
Spíž	699
Koupelna v poschodí	487
Dětský pokoj č.1	1985
Dětský pokoj č.2	1567
Šatna	836
Komora	324
Chodba se schodištěm	2544
Celkem	13654



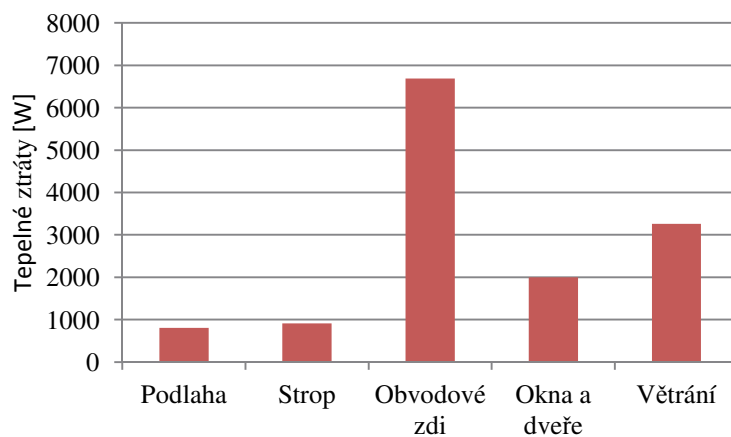
Obrázek č. 4.2: Tepelná ztráta jednotlivých místností

4.5. Celková tepelná ztráta – jednotlivé konstrukce

Celkové tepelné ztráty jsou zobrazeny v tabulce 4.6 a dále také v grafickém rozložení na obrázku 4.3 a 4.4.

Tabulka č. 4.6: Celková tepelná ztráta jednotlivých konstrukcí

Celková tepelná ztráta	
Místnost	Tepelné ztráty [W]
Podlaha	803
Strop	911
Obvodové zdi	6687
Okna a dveře	1997
Větrání	3256
Celkem	13654



Obrázek č. 4.3: Tepelné ztráty konstrukcí 1



Obrázek č. 4.4: Tepelné ztráty konstrukcí 2

4.6. Výběr vhodné izolace pro rodinný dům

Celková tepelná ztráta rodinného domu činí 13 654 W. Únik tepla okny a dveřmi tvoří 14 % ztrát, což lze považovat za uspokojivé. Tepelná ztráta větráním dosahuje 24% celkových ztrát. Jedná se o celkem vysoký podíl, avšak tuto ztrátu nejsme schopni z větší části ovlivnit, jelikož závisí např. na délce spár oken či pozici budovy.

Při pohledu na prostup tepla přes strop a podlahu lze vidět velký rozdíl oproti ostatním konstrukcím domu. Strop i podlaha byly již v minulosti částečně zateplený, a hlavně díky tomu zde uniká jen 13 % z celkových ztrát.

Největší únik tepla, téměř 50 %, je u obvodových zdí rodinného domu. Je zde tedy velký prostor pro zlepšení, a proto jsem se rozhodl k návrhu zateplení jedné z obvodových zdí, a to severní.

Jako vhodný materiál pro zateplení jsem zvolil pěnový polystyren ISOVER EPS 70F o tloušťce 140 mm. Hlavním kritériem pro výběr byla cena, která se na trhu pohybuje okolo 170 Kč / m², ale také jeho lehkost a snadná zpracovatelnost.

Návrh zateplení se týká severní návětrné obvodové zdi o ploše 40 m².

5. Tepelné ztráty rodinného domu po zateplení

5.1. Postup při fasádním zateplení pěnovým polystyrenem

- Obvodové zdivo se zbaví nečistot, musí být pevné a suché
- Při dodatečném zateplování je vhodné zdi ošetřit penetrací, která zajistí pevné přilnutí desky polystyrenu ke staré fasádě
- Dalším krokem je aplikace základní lišty zajišťující rovinu první řady izolace
- Poté je důležité stabilizovat polohu polystyrenu, k čemuž se použije lepící malta
- Lepidlo se nanáší na polystyren na terče a po okraji desky
- Po zaschnutí lepidla tepelnou izolaci kotvíme do zdi kotvami, a to fasádními hmoždinkami
- Nejvíce citlivé části polystyrenu jsou ostré hrany a ostění u oken či dveří, zpevnění lze provést pomocí ochranných lišt a následně tkaninou perlinkou, na niž se nanese stěrkový hmota
- Posledním krokem je aplikace konečné fasádní omítky [20]

5.2. Přepočet tepelných ztrát po zateplení

Díky tepelné izolaci pěnovým polystyrenem se součinitel prostupu tepla obvodovými zdmi snížil z $1,24 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ na $0,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Tato hodnota by mohla být ještě nižší při použití materiálu s menší tepelnou vodivostí nebo při větší tloušťce izolace. Další variantou je vnější tepelná omítka.

Při analýze možných druhů zateplovacích materiálů a jejich tloušťce v závislosti na tepelných vlastnostech a výši investic jsem dospěl k závěru, že nejvýhodnější pro náš rodinný dům bude právě pěnový polystyren o tloušťce 140 mm bez přídatné vnější termoomítky.

Přepočet tepelných ztrát po zateplení severní zdi je uveden v tabulce 5.1 a také na obrázku 5.1.

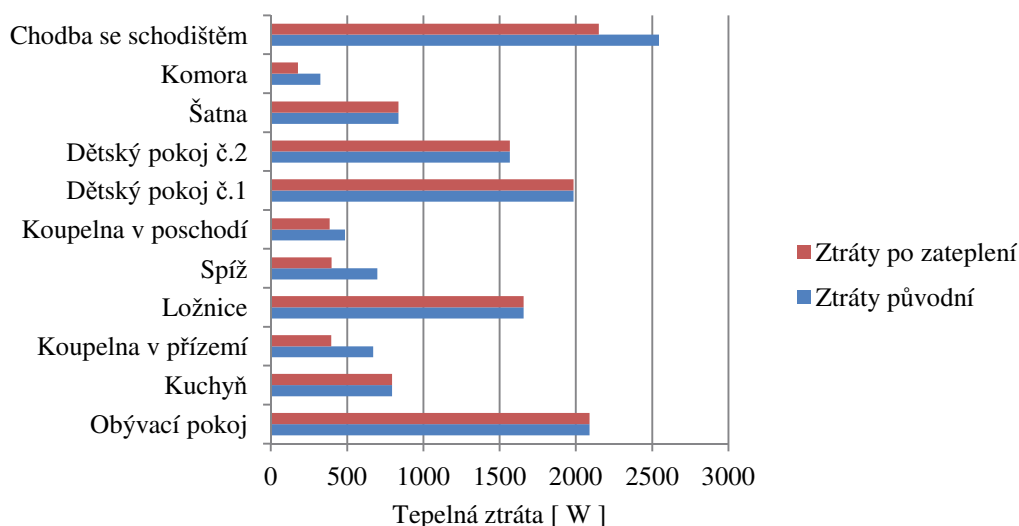
Součinitel prostupu tepla obvodové zdi po zateplení:

Vnější akrylátová omítka	$l = 0,015 \text{ m}$	$\lambda = 0,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Lepicí a šterková hmota	$l = 0,02 \text{ m}$	$\lambda = 0,83 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Pěnový polystyren	$l = 0,14 \text{ m}$	$\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Brizolit	$l = 0,03 \text{ m}$	$\lambda = 0,83 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Pálená voštinová cihla	$l = 0,3 \text{ m}$	$\lambda = 0,73 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Zdivo z plných pálených cihel	$l = 0,15 \text{ m}$	$\lambda = 0,86 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Vnitřní vápenná omítka	$l = 0,015 \text{ m}$	$\lambda = 0,88 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,02}{0,83} + \frac{0,14}{0,039} + \frac{0,03}{0,83} + \frac{0,3}{0,73} + \frac{0,15}{0,86} + \frac{0,015}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tabulka č. 5.1: Tepelná ztráta po zateplení severní obvodové zdi

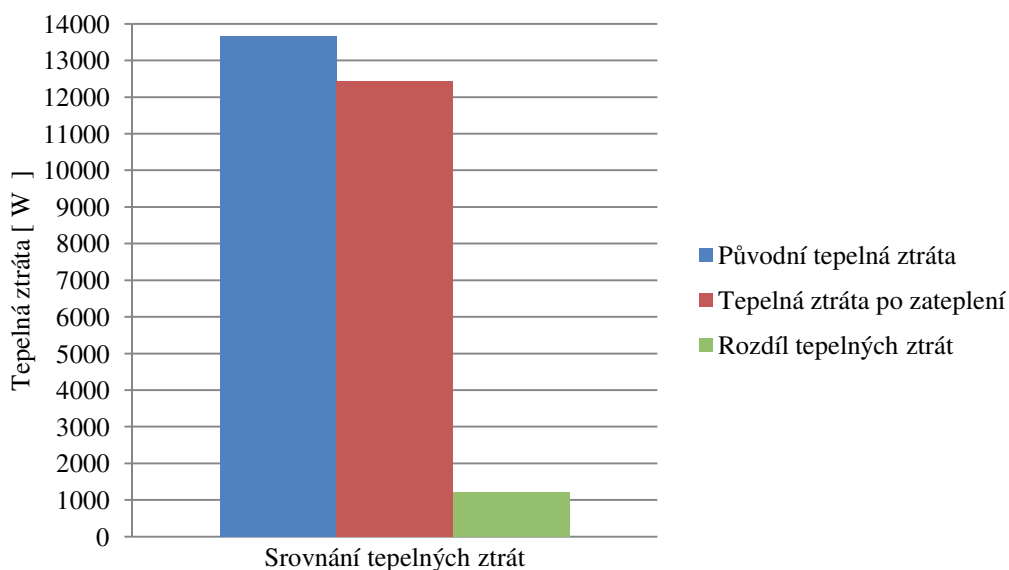
Místnost	Tepelná ztráta [W]	
	Původní	Po zateplení
Obývací pokoj	2089	2089
Kuchyň	795	795
Koupelna v přízemí	670	396
Ložnice	1658	1658
Spíž	699	397
Koupelna v poschodí	487	385
Dětský pokoj č.1	1985	1985
Dětský pokoj č.2	1567	1567
Šatna	836	836
Komora	324	177
Chodba se schodištěm	2544	2150
Celkem	13654	12435



Obrázek č. 5.1: Tepelná ztráta po zateplení severní obvodové zdi

5.3. Celková tepelná ztráta rodinného domu

Po zateplení severní obvodové zdi se tepelná ztráta snížila z původních 13 654 W na 12 435 W, tedy o 1 219 W. Rozdíl úniků tepla je také zobrazen na obrázku 5.2. V procentuálním měřítku lze pozorovat zmenšení celkové tepelné ztráty o 9 %, což je po zateplení jen jedné obvodové zdi velmi dobré zlepšení. Rozdíl mezi ztrátami mohl být ještě markantnější, kdyby byla izolace provedena na celý obvodový plášť rodinného domku, avšak rozhodujícím faktorem sejevily investiční náklady.



Obrázek č. 5.2: Srovnání tepelných ztrát

6. Ekonomické zhodnocení a návratnost investic

Pro výpočet návratnosti investic je nejprve nutné určit náklady celého systému zateplení. Ten se skládá z pěnového polystyrenu EPS 70F 140 mm, lepící a sěrkové hmoty, perlíky, talířových hmoždinek a vnější omítky. Náklady jednotlivých složek jsou uvedeny v tabulce 6.1.

Tabulka č. 6.1: Ceny jednotlivých složek systému zateplení

Materiál	Cena [Kč]
Polystyren EPS 70F 140 mm	6800
Lepící a sěrková hmota	1200
Perlínka	600
Talířové hmoždinky	500
Akrylátová vnější omítka	3600
Celkem	12700

Celkové náklady pro zateplení severní zdi o ploše 40 m² činí 12 700 Kč. V této části není zahrnuta práce ani nákup či dovoz materiálů, protože počítám s provedením veškeré práce vlastnoručně. [23, 24]

Další důležitou položkou, kterou je potřeba zjistit, jsou roční náklady na vytápění rodinného domku. Naši domácnost stojí vytápění domu průměrně 26 000 Kč za 1 rok. Paliva a jejich podíl na celkové částce jsou uvedeny v tabulce 6.2.

Tabulka č. 6.2: Ceny paliv při roční průměrné spotřebě

Druh paliva	Cena [Kč]
Zemní plyn	20000
Černé uhlí	4000
Dřevo	2000
Celkem	26000

Roční náklady na vytápění rodinného domu při stávající tepelné ztrátě 13 654 W jsou tedy 26 000 Kč. Po zateplení severní zdi se tepelná ztráta snížila na 12 435 W. Za předpokladu, že náklady na vytápění se budou úměrně snižovat s tepelnými ztrátami, lze vypočítat finanční úsporu 2 321 Kč ročně.

Posledním krokem je výpočet návratnosti investic. Návratnost investic je definována jako podíl investičních výdajů a roční úspore nákladů. [25]

$$T_s = \frac{IN}{CF} = \frac{12700}{2321} = 5,5 \text{ let} \quad (8)$$

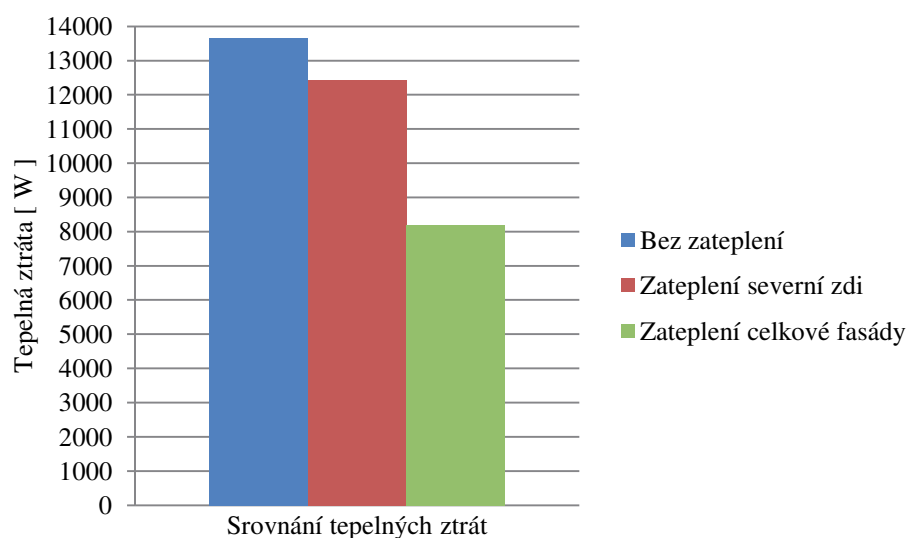
Při neměnné ceně paliv se investiční náklady vrátí za 5,5 let.

7. Srovnání zateplení severní zdi a celkové fasády

Pro úplnost této bakalářské práce jsem se také rozhodl srovnat zateplení severní obvodové zdi a celkové fasády. Rozdíly tepelných úniků a také investiční náklady spolu s jejich návratnostmi jsou uvedeny v tabulce 7.1 a graficky na obrázku 7.1.

Tabulka č. 7.1: Srovnání zateplení severní zdi a celkové fasády domu

		Zateplení severní zdi	Zateplení celkové fasády
Plocha	[m ²]	40	200
Tepelná ztráta	[W]	12 435	8 189
Investiční náklady	[Kč]	12 700	63 500
Roční úspora	[Kč]	2 321	10 406
Návratnost investic	[rok]	5,5	6



Obrázek č. 7.1: Srovnání zateplení

Při zateplení celkové fasády rodinného domu by se podařilo snížit tepelné ztráty o 5 465 W, což je snížení o 40 %. Investiční náklady by se pohybovaly okolo 63 500 Kč a došlo by k roční úspoře 10 406 Kč na vytápění domku. Investiční náklady by se vrátily za 6 let.

Z dlouhodobého hlediska je určitě výhodnější zateplení celé fasády, což by ale znamenalo velké stavební zásahy a také vyšší časovou náročnost. Proto se pořád jeví jako reálnější zateplení jen severní obvodové zdi.

7. Závěr

K výběru této bakalářské práce mě vedlo několik důvodů. Hlavní motivací bylo ušetření financí a zlepšení našeho rodinného rozpočtu. Nesmím ale opomenout další důvody. Zateplením dojde ke snížení vlhkosti a tím i tvorbě plísní na vnitřní straně severní zdi. Rovněž selepší pocity lidí žijících uvnitř domu při zvýšení povrchových teplot zdí.

Další stránkou, kterou lze zateplením zlepšit, je ta ekologická. I přes nepatrnou část v celosvětovém měřítku dojde zmenšením tepelných úniků k menší spotřebě paliv, což úzce souvisí s kvalitou ovzduší. Na druhou stranu si uvědomuji, že i výroba a v budoucnu likvidace izolačních materiálů má nepříznivý dopad na ekologii planety.

Po srovnání tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí jsem dospěl k závěru, že nejvýhodnější bude zateplení severní návětrné obvodové zdi o ploše 40 m². Jako izolační materiál jsem zvolil pěnový polystyren o tloušťce 140 mm. Tepelná ztráta se po zateplení zmenšila o 1 219 W, čímž dojde k ušetření částky 2 321 Kč ročně.

K návratnosti investičních nákladů by došlo přibližně za 5,5 let, což je velmi krátký časový interval. Zateplení by se tedy určitě vyplatilo.

Díky tomuto projektu jsem si obohatil své znalosti v oblasti zateplování domu. Seznámil jsem se s materiály dostupnými na trhu a porovnal jejich klady i zápory. Doufám, že s realizací projektu začneme již v nejbližší době a uspořené finance uvidíme nejen na těchto stránkách, ale také v našem rodinném rozpočtu.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN 06 0210. Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. : , 1994.
- [2] MRÁZEK, Karel, Karel ŠUSTR a Antonín JANOUŠ. *Moderní vytápění bytů a rodinných domků*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. Polytechnická knižnice (SNTL).
- [3] Technická zařízení budov. <http://www.tzb-info.cz/>. [online]. 2001 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z:http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html
- [4] Thermal Conductivity of Materials. <http://www.engineeringtoolbox.com/>. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z:http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html
- [5] ČSN 73 5040. Tepelná ochrana budov. Část 1 – 4. : , 1994.
- [6] NOVÁK, Jan. *Úspory energie v rodinných domech a bytech*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. Profi & hobby.
- [7] ŘEHÁNEK, Jaroslav a Antonín JANOUŠ. *Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování*. 2. nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. Knižnice technických aktualit.
- [8] Magazín o izolaci. <http://www.izolant.cz/>. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.izolant.cz/proc-se-vyplati-zateplit-fasadu-domu/>
- [9] BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. *Základy sdílení tepla*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství).
- [10] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. Praha: GRADA Publishing, 1998.
- [11] Magazín o izolaci . <http://www.izolant.cz/>. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.izolant.cz/tepelneizolacni-vlastnosti-izolacnich-materialu-a-jejich-porovnani/>
- [12] Stavba, rekonstrukce a bydlení. <http://istavitel.cz/>. [online]. 2009 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z:http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zakladni-prehled-tepelne-izolacnich-materialu_80
- [13] Termo izolace z technického konopí. <http://www.konopi-izolace.cz/>. [online]. 2011 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.konopi-izolace.cz/produkt/termo-konopi-combi-jute-80x580x6000-mm-role>

- [14] Dřevostavby online. <http://www.drevostavitel.cz/>. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-4-dil--drevovlknita-izolace-hreje-i-chladi>
- [15] Department of Energy. <http://energy.gov/>. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://energy.gov/energysaver/insulation-materials>
- [16] Stavební portál. <http://www.stavomarket.cz/>. [online]. [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.stavomarket.cz/produkt/36010576-fasadni-penovy-polystyren-bachl-eps-50-z-1000x500-mm-tloustka-10-mm/>
- [17] Robexpedie. <http://robexpedie.robex-dk.cz/>. [online]. 2006 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: <http://robexpedie.robex-dk.cz/index.php?clanek=1263985443.php>
- [18] Stavba. <http://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/>. [online]. [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: <http://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/stavebni-material/mineralni-vata-a-dalsi-izolace-vlaknitych-materialu.php>
- [19] Stavební izolace z ovčí vlny. <http://www.naturwool.cz/>. [online]. [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.naturwool.cz/izolace-z-ovci-vlny/a500-naturwool/>
- [20] Stavebniny, tepelné izolace. <http://www.stavebniny-rychle.cz/>. [online]. 2012 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/postup-pri-kontaktum-zateplovani-fasadnim-polystyrenem.html>
- [21] BLAHA, Martin. Omítky. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi & hobby.
- [22] HUMM, Othmar. Nízkoenergetické domy. 1. čes. vyd. Praha: Grada, 1999. Stavitel.
- [23] Fasády, omítky, potěry. <http://www.baumit.cz/>. [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.baumit.cz/zateplovaci-systemy>
- [24] Vše pro Vaši stavbu. <http://www.levnestavebniny.cz/>. [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.levnestavebniny.cz/zatepleni-fasad/>
- [25] Energetický auditor. <http://www.inkapo.cz/>. [online]. 2011 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.inkapo.cz/odborna-sekce/slovník-pojmu/ekonomika>

Seznam tabulek

Tabulka č. 2.1: Hodnoty přírážky p_3	10
Tabulka č. 3.1: Součinitelé tepelné vodivosti jednotlivých materiálů	12
Tabulka č. 4.1: Výpočet tepelných ztrát 1	21
Tabulka č. 4.2: Výpočet tepelných ztrát 2	22
Tabulka č. 4.3: Výpočet tepelných ztrát 3	23
Tabulka č. 4.4: Výpočet tepelných ztrát 4	24
Tabulka č. 4.5: Celková tepelná ztráta jednotlivých místností	25
Tabulka č. 4.6: Celková tepelná ztráta jednotlivých konstrukcí	26
Tabulka č. 5.1: Tepelná ztráta po zateplení severní obvodové zdi	28
Tabulka č. 6.1: Ceny jednotlivých složek systému zateplení	30
Tabulka č. 6.2: Ceny paliv při roční průměrné spotřebě	30
Tabulka č. 7.1: Srovnání zateplení severní zdi a celkové fasády domu	31

Seznam obrázků

Obrázek č. 3.1: Pěnový polyuretan (molitan)	13
Obrázek č. 3.2: Pěnový polystyren	14
Obrázek č. 3.3: Skelná vlna	15
Obrázek č. 3.4: Dřevovláknité izolace	15
Obrázek č. 3.5: Konopná izolace	16
Obrázek č. 3.6: Ovčí vlna	16
Obrázek č. 4.1: Rodinný dům	17
Obrázek č. 4.2: Tepelná ztráta jednotlivých místností	25
Obrázek č. 4.3: Tepelné ztráty konstrukcí 1	26
Obrázek č. 4.4: Tepelné ztráty konstrukcí 2	26
Obrázek č. 5.1: Tepelná ztráta po zateplení severní obvodové zdi	29
Obrázek č. 5.2: Srovnání tepelných ztrát	29
Obrázek č. 7.1: Srovnání zateplení	31

Seznam příloh

Příloha č. 1: Kopie výkresu rodinného domu - půdorys

Příloha č. 2: Kopie výkresu rodinného domu - bokorys